

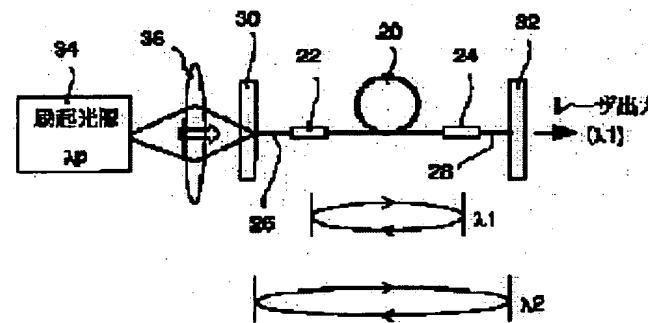
## **LASER DEVICE**

**Patent number:** JP11121836  
**Publication date:** 1999-04-30  
**Inventor:** MIMURA HIDENORI; NODA YUKIO; NAKAI TETSUYA; TANI TOSHI  
**Applicant:** KDD  
**Classification:**  
- **international:** H01S3/05; G02B6/00  
- **europen:**  
**Application number:** JP19970278502 19971013  
**Priority number(s):**

## Abstract of JP11121836

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a laser device capable of realizing a higher excitation efficiency.

**SOLUTION:** A double clad optical fiber 20 is provided with a core and two clads, a luminous element excited by excitation light of a wavelength  $\lambda_p$  from the outside and emitted in a wavelength  $\lambda_2$  is added to the inside clad, and another luminous element excited by light of the wavelength  $\lambda_2$  and emitted in a wavelength  $\lambda_1$  is added to the core. Fiber gratings 22 and 24 which reflect selectively light of the wavelength  $\lambda_1$  are respectively connected with both ends of the fiber 20, and connection fibers 26 and 28 which consist of the same refractive index distribution and composition as those of the fiber 20 are respectively connected with the outsides of the gratings 22 and 24. Multilayer film mirrors 30 and 32 which respectively reflect selectively light of the wavelength  $\lambda_2$  are respectively arranged on the end parts of the fibers 26 and 28. An excitation light source 34 generates the excitation light of the wavelength  $\lambda_p$  which excites the luminous element added to the inside clad of the fiber 20. A condensing lens 36 focuses the emitted light from the light source 34 on a diameter to correspond to the inside clad of the fiber 26, and the emitted light is incident in the end surface of the fiber 26 via the mirror 30.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>H 01 S 3/05  
G 02 B 6/00

識別記号

F I

H 01 S 3/05  
G 02 B 6/00

E

審査請求 未請求 請求項の数7 O.L (全5頁)

(21)出願番号 特願平9-278502

(22)出願日 平成9年(1997)10月13日

(71)出願人 000001214

ケイディディ株式会社

東京都新宿区西新宿2丁目3番2号

(72)発明者 三村 桂紀

東京都新宿区西新宿2丁目3番2号国際電  
信電話株式会社内

(72)発明者 野田 行雄

東京都新宿区西新宿2丁目3番2号国際電  
信電話株式会社内

(72)発明者 中井 哲哉

東京都新宿区西新宿2丁目3番2号国際電  
信電話株式会社内

(74)代理人 弁理士 田中 常雄

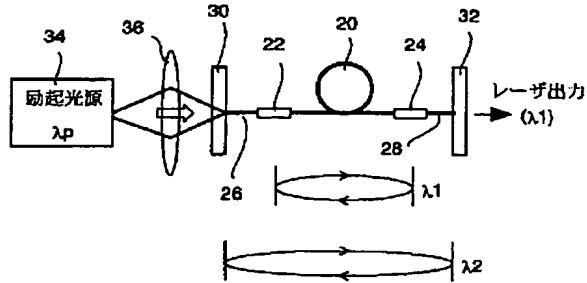
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 レーザ装置

(57)【要約】

【課題】 励起効率を高める。

【解決手段】 ダブルクラッド光ファイバ20は、コアと2つのクラッドを具備し、内側クラッドには、外部からの波長 $\lambda_p$ の励起光により励起されて波長 $\lambda_2$ で発光する発光元素が添加され、コアには、波長 $\lambda_2$ の光で励起されて波長 $\lambda_1$ で発光する発光元素が添加されている。光ファイバ10の両端には波長 $\lambda_1$ を選択的に反射するファイバ・グレーティング22, 24が接続され、ファイバ・グレーティング22, 24の外側には、光ファイバ20と同様の屈折率分布及び組成からなる接続ファイバ26, 28が接続する。接続ファイバ26, 28の端部には、それぞれ、波長 $\lambda_2$ を選択的に反射する多層膜ミラー30, 32が配置される。励起光源34は、光ファイバ20の内側クラッドに添加された発光元素を励起する波長 $\lambda_p$ の励起光を発生する。集光レンズ36は、励起光源34の出力光を接続ファイバ26の内側クラッドに相当する径に集束して、多層膜ミラー30を介して接続ファイバ26の端面に入射する。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 レーザ発振波長の光を発光する第1の発光元素を添加したコア、当該コアの外側にあって当該第1の発光元素を励起する光を発光する第2の発光元素を添加した第1クラッド、及び、当該第1クラッドの外側にあって当該第1クラッドより低い屈折率の第2クラッドを具備するダブル・クラッド型光伝送媒体と、当該第2の発光元素を励起する励起光を発生する励起光源と、

当該ダブル・クラッド型光伝送媒体の両端部に位置し、当該レーザ発振波長を反射する第1及び第2のレーザ発振波長反射部材と、

当該ダブル・クラッド型光伝送媒体の両端部に位置し、当該第1の発光元素の励起光を反射する第1及び第2の反射部材とからなることを特徴とするレーザ装置。

【請求項2】 前記第1及び第2のレーザ発振波長反射部材が、ダブルクラッド構造のファイバ・グレーティングからなる請求項1に記載のレーザ装置。

【請求項3】 前記ダブル・クラッド型光伝送媒体が石英系ガラスからなり、前記第1の発光元素がTmであり、前記第2の発光元素がNdであり、前記励起光源が0.8μm帯レーザである請求項1に記載のレーザ装置。

【請求項4】 前記ダブル・クラッド型光伝送媒体がフッ化物ガラスからなり、前記第1の発光元素がTrであり、前記第2の発光元素がYbであり、前記励起光源が0.98μm帯レーザである請求項1に記載のレーザ装置。

【請求項5】 前記ダブル・クラッド型光伝送媒体がフッ化物ガラスからなり、前記第1の発光元素がPrであり、前記第2の発光元素がErであり、前記励起光源が1.06μm帯レーザである請求項1に記載のレーザ装置。

【請求項6】 前記ダブル・クラッド型光伝送媒体がフッ化物ガラスからなり、前記第1の発光元素がTmであり、前記第2の発光元素がErであり、前記励起光源が1.48μm帯レーザであることを特徴とする請求項1に記載のレーザ装置。

【請求項7】 前記ダブル・クラッド型光伝送媒体がフッ化物ガラスからなり、前記第1の発光元素がTrであり、前記第2の発光元素がErであり、前記励起光源が1.48μm帯レーザであることを特徴とする請求項1に記載のレーザ装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はレーザ装置に関し、より具体的には、ダブル・クラッド構造の光伝送媒体、例えば、ダブル・クラッド光ファイバを使用するレーザ装置に関する。

## 【0002】

2

【従来の技術】図2に示すように、コアの外側に2重のクラッドを具備し、コアに発光元素を添加したダブルクラッド構造の光ファイバの両端に当該発光元素の発光波長を反射する反射部材を配置し、外部から内部クラッドに励起光を入射してレーザ発振させるクラッド励起ファイバ・レーザは周知である。

【0003】図3は、従来例の概略構成ブロック図を示す。10は、図2に示すように、2重のクラッドを具備するダブルクラッド光ファイバであり、そのコア(屈折率n<sub>c</sub>、半径≤a)に励起波長λ<sub>p</sub>で励起されて波長λ<sub>1</sub>で発光する発光元素が添加されている。半径がa以上で、b以下の領域が屈折率n<sub>1</sub>の内側クラッドであり、半径がb以上の領域が屈折率n<sub>2</sub>の外側クラッドである。屈折率n<sub>c</sub>、n<sub>1</sub>、n<sub>2</sub>は、図2に示すように、n<sub>c</sub> > n<sub>1</sub> > n<sub>2</sub>の関係になっている。

【0004】光ファイバ10の両端には波長λ<sub>1</sub>を選択的に反射する多層膜ミラー12、14が配置されており、これにより、光ファイバ10(のコア)で発生される波長λ<sub>1</sub>の光の共振器が形成される。多層膜ミラー12の波長λ<sub>1</sub>の反射率は100%に、多層膜ミラー14の反射率は、発生したレーザ光の出射側であることから100%未満に設定される。

【0005】励起光源16は、光ファイバ10のコアに添加された発光元素を励起する波長λ<sub>p</sub>の励起光を発生する。励起光源16の出力光は、集光レンズ18により光ファイバ10の内側クラッドに相当する径、即ち2b程度に集束され、多層膜ミラー12を介して光ファイバ10の端面に入射される。図4は、光ファイバ10の励起光入射端面の拡大図を示す。

【0006】光ファイバ10の内側クラッドに入射された励起光は、伝搬に従い、より屈折率の高いコア部に移行し、コアに添加されている発光元素を励起する。励起された発光元素は波長λ<sub>1</sub>で発光する。発生された波長λ<sub>1</sub>の光は、多層膜ミラー12、14による共振器構造により共振し、一定の条件下でレーザ発振が発生する。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】従来例では、発光元素が添加されたコアではなく、より口径の大きな内側クラッドに励起光を入射すればよいので、ビーム径の大きなハイパワーの励起光を利用できる。

【0008】しかし、内側クラッドからコアにモード変換される励起光の割合が低いという欠点がある。この結果、光ファイバ10のファイバ長が短い場合には、励起光の多くがコアに移行せずにそのまま外部に放出されてしまうし、ファイバ長を長くすると、励起光の多くがコアに移行するものの、光ファイバ10の光損失が増大することになる。どちらにしても、トータルで見た励起効率が低い。

【0009】ハイパワーの励起光を利用できる点では、高出力レーザを得やすいと言えるが、励起光率の悪さが

50

高出力レーザの実現を妨げており、結局のところ、従来例では、高出力レーザを得ることができた。

【0010】そこで、本発明は、クラッド励起ファイバのこのような問題点を克服し、より高い励起効率を実現できるレーザ装置を提示することを目的とする。

#### 【0011】

【課題を解決するための手段】本発明に係るレーザ装置は、レーザ発振波長の光を発光する第1の発光元素を添加したコア、当該コアの外側にあって当該第1の発光元素を励起する光を発光する第2の発光元素を添加した第1クラッド、及び、当該第1クラッドの外側にあって当該第1クラッドより低い屈折率の第2クラッドを具備するダブル・クラッド型光伝送媒体と、当該第2の発光元素を励起する励起光を発生する励起光源と、当該ダブル・クラッド型光伝送媒体の両端部に位置し、当該レーザ発振波長を反射する第1及び第2のレーザ発振波長反射部材と、当該ダブル・クラッド型光伝送媒体の両端部に位置し、当該第1の発光元素の励起光を反射する第1及び第2の反射部材とからなることを特徴とする。

【0012】励起光源の励起光により励起される第2の発光元素の発生光は第1及び第2の反射部材により閉じ込められるので、高強度になり、ダブル・クラッド型光伝送媒体が短くても、第1及び第2の反射部材間をラウンド・トリップする間にダブル・クラッド型光伝送媒体のコアに移行し、コアに添加された第1の発光元素を効率的に励起する。即ち、高い励起効率を達成できる。従ってまた、高出力も実現できる。

【0013】第1及び第2のレーザ発振波長反射部材をダブルクラッド構造のファイバ・グレーティングとして、ダブル・クラッド型光伝送媒体と実質的に一体化しやすくなり、余分な損失が発生しない。

#### 【0014】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して、本発明の実施の形態を詳細に説明する。

【0015】図1は、本発明の一実施例の概略構成ブロック図を示す。20は、図2に示すように2重のクラッドを具備するダブル・クラッド光ファイバであり、半径がa以上でb以下の内側クラッド(屈折率n1)には、外部からの波長λpの励起光により励起されて波長λ2で発光する発光元素が添加され、そのコア(屈折率nc、半径≤a)には、波長λ2の光で励起されて波長λ1で発光する発光元素が添加されている。半径がb以上の領域が屈折率n2の外側クラッドである。屈折率nc、n1、n2の大小関係は従来例と同様であり、図2に示すように、nc>n1>n2の関係になっている。

【0016】光ファイバ20の両端には波長λ1を選択的に反射するファイバ・グレーティング22、24が接続され、ファイバ・グレーティング22、24の外側には、光ファイバ20と同様の屈折率分布及び組成からなる接続ファイバ26、28が接続する。この構造は換言

すると、光ファイバ20の両端部分に、接続ファイバ26、28に相当する長さを残してファイバ・グレーティング22、24が形成されていると見ることもできる。ファイバ・グレーティング22、24により、光ファイバ20(のコア)で発生される波長λ1の光の共振器が形成される。ファイバ・グレーティング22の波長λ1の反射率は100%に、ファイバ・グレーティング24の反射率は、発生したレーザ光の出射側であることから100%未満に設定される。

【0017】接続ファイバ26の端部に、波長λ2を選択的に反射する多層膜ミラー30が配置され、接続ファイバ28の端部にも、波長λ2を選択的に反射する多層膜ミラー32が配置されている。

【0018】34は、光ファイバ20の内側クラッドに添加された発光元素を励起する波長λpの励起光を発生する励起光源であり、36は、励起光源34の出力光を接続ファイバ26の内側クラッドに相当する径、即ち2b程度に集束して、多層膜ミラー30を介して接続ファイバ26の端面に入射する集光レンズである。

【0019】励起光の入射側に位置する多層膜ミラー30は、励起波長λpをできる限り低損失で透過できる限り、波長λ2以外の波長を反射する反射素子であってもよい。また、レーザ光の出射側に位置する多層膜ミラー32は、レーザ出力の波長λ1を透過する限りでは、波長λ2だけでなく、励起波長λpをも反射する反射素子であってもよい。多層膜ミラー30、32の波長λ2に対する反射率は、できる限り高いのが好ましく、100%が最も良い。

【0020】本実施例の動作を説明する。励起光源34は波長λpの励起光を発生し、その励起光は集光レンズ36により接続ファイバ26の内側クラッドの径、即ち、2b程度にまで集束され、多層膜ミラー30をほぼ無損失で透過して接続ファイバ26の端面に入射する。接続ファイバ26のコア部にも励起光が入射するが、コア径が小さいことからそのパワーは僅かであり、ほとんどは、接続ファイバ26の内側クラッドに入射する。

【0021】波長λpの励起光は接続ファイバ26、ファイバ・グレーティング22、光ファイバ20、ファイバ・グレーティング24及び接続ファイバ28(の主として内側クラッド)を伝搬し、その間に、接続ファイバ26、光ファイバ20及び接続ファイバ28の内側クラッドの発光元素を励起して波長λ2で発光させる。ファイバ・グレーティング22、24の部分も、光ファイバ20と同じ屈折率分布及び組成からなる場合には、その内側クラッドの発光元素も波長λ2で発光することになる。

【0022】波長λpの励起光は、光ファイバ20等の内側クラッドに添加された発光元素を励起するのであるから、その励起効率は、接続ファイバ26、ファイバ・グレーティング22、光ファイバ20、ファイバ・グレーティング24、光ファイバ20、ファイバ・グレ

ーティング24及び接続ファイバ28からなる部分の全長が短いほうが高くなる。

【0023】光ファイバ20等の内側クラッドに添加された発光元素の発生する波長 $\lambda_2$ の光は、最初は接続ファイバ26、ファイバ・グレーティング22、光ファイバ20、ファイバ・グレーティング24及び接続ファイバ28の内側クラッドを伝搬するものの、多層膜ミラー30、32により反射されて多層膜ミラー30、32の間にラウンドトリップする間に、モード変換により次第にこれらのファイバ20～28のコア部に移行する。即ち、波長 $\lambda_p$ の励起光により発生する波長 $\lambda_2$ の光は、ほぼ完全に多層膜ミラー30、32の間に閉じ込められると共に、そのほとんどのパワーがコア部に移行する。このようにして、極めて高強度の $\lambda_2$ の光が、多層膜ミラー30、32間のファイバ20～28のコア部に存在することになる。

【0024】多層膜ミラー30、32間にラウンドトリップする波長 $\lambda_2$ の光は、光ファイバ20のコアに添加された発光元素を強く励起して、波長 $\lambda_1$ で発光させる。その波長 $\lambda_1$ の光は、ファイバ・グレーティング22、24により反射され、ファイバ・グレーティング22、24の間にラウンド・トリップする。一定以上の励起パワーの存在により、波長 $\lambda_1$ のレーザ発振が発生し、波長 $\lambda_1$ のレーザ出力光が、ファイバ・グレーティング24、接続ファイバ28及び多層膜ミラー32を透過して、外部に出力される。

【0025】このように、本実施例では、外部からの励起光により中間の波長 $\lambda_2$ で発光する発光元素をファイバ20～28の内側クラッドに添加しているので、内側クラッド径での励起光の入射でも、効率よく発光させることができる。また、多層膜ミラー30、32で閉じ込めるので、光ファイバ20等ファイバ長が短くても、極めて高強度の中間波長 $\lambda_2$ の光を得ることができる。多層膜ミラー30、32間にラウンドトリップする間にコアに無駄なく移行するので、コア部の発光元素を効率良く励起できる。これらにより、トータルとして極めて高い励起効率のクラッド励起ファイバレーザを実現できる。

【0026】本実施例では、中間波長 $\lambda_2$ の反射素子として多層膜ミラー30、32を使用したが、その一方又は両方をファイバ・グレーティングとしてもよい。光ファイバとの接続性が良くなり、光ファイバ伝送システムに使用しやすくなる。

【0027】本実施例では、2段階励起方式を採用するので、多種多様の発光元素を使用することができ、その組合せにより、より多くの波長のレーザ出力を得ることが可能になる。

【0028】例えば、光ファイバ20（並びに、ファイバ・グレーティング22、24及び接続ファイバ26、28）の材質を石英系ガラスとし、そのコアに添加する

発光元素をTm、内側クラッドに添加する元素をNd、励起光源34を0.8μm帯半導体レーザとすることで、2μm帯のレーザ装置を実現できる。Ndは0.8μm帯光で励起されて1.06μm帯で発光し、Tmは、1.06μm帯光で励起されて、<sup>3</sup>H<sub>4</sub>準位から<sup>3</sup>H<sub>8</sub>準位への遷移により2μm帯光を発光するからである。

【0029】また、光ファイバ20（並びに、ファイバ・グレーティング22、24及び接続ファイバ26、28）の材質をフッ化物ガラスとし、そのコアに添加する発光元素をTm、内側クラッドに添加する元素をNd、励起光源34を0.8μm帯半導体レーザとすることで、1.47μm帯のレーザ装置を実現できる。Tmは、<sup>3</sup>F<sub>4</sub>準位から<sup>3</sup>H<sub>4</sub>への遷移により1.47μm帯光を発光するからである。

【0030】光ファイバ20（並びに、ファイバ・グレーティング22、24及び接続ファイバ26、28）の材質をフッ化物ガラスとし、そのコアに添加する発光元素をPr、内側クラッドに添加する元素をYb、励起光源34を0.98μm帯半導体レーザとすることで、1.3μm帯のレーザ装置を実現できる。Ybは0.98μm帯光で励起されて1.02μm帯光を発光し、Prは1.02μm帯光で励起されて、<sup>1</sup>G<sub>4</sub>準位から<sup>3</sup>H<sub>5</sub>への遷移により1.3μm帯光を発光するからである。

【0031】光ファイバ20（並びに、ファイバ・グレーティング22、24及び接続ファイバ26、28）の材質をフッ化物ガラスとし、そのコアに添加する元素をEr、内側クラッドに添加する元素をTm、励起光源34を1.06μm帯固体レーザとすることで、1.5μm帯のレーザ装置を実現できる。Tmは1.06μm帯光で励起されて1.47μm帯光を発光し、Erは1.47μm帯光で励起されて<sup>4</sup>I<sub>13/2</sub>準位から<sup>4</sup>I<sub>15/2</sub>への遷移により1.5μm帯光を発光するからである。

【0032】光ファイバ20（並びに、ファイバ・グレーティング22、24及び接続ファイバ26、28）の材質をフッ化物ガラスとし、そのコアに添加する元素をTm、内側クラッドに添加する元素をEr、励起光源34を1.48μm帯半導体レーザとすることで、1.9μm帯のレーザ装置を実現できる。Erは1.48μm帯光で励起されて1.58μm帯光を発光し、Tmは1.58μm帯光で励起されて<sup>3</sup>H<sub>4</sub>準位から<sup>3</sup>H<sub>8</sub>準位への遷移により1.9μm帯光を発光するからである。

【0033】

【発明の効果】以上の説明から容易に理解できるように、本発明によれば、ハイパワーの励起光を使用できることとも、光增幅媒体内で実質的に高い励起効率を達成できるので、容易に高出力レーザ装置を実現できる。また、多段階励起を使用するので、例えば1.3μm、1.47μm、1.5μm、1.58μm等の多くの波長を選択できるようになる。

【0034】高出力とレーザ波長の多様性により、計

測、通信及び医療等の幅広い分野で利用でき、大きな貢献をもたらすことができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の一実施例の概略構成ブロック図である。

【図 2】 ダブルクラッド・ファイバの屈折率分布である。

【図 3】 従来例の概略構成ブロック図である。

【図 4】 従来例での励起光入力部分の縦断面図である。

【符号の説明】

\* 10 : ダブルクラッド光ファイバ

12, 14 : 多層膜ミラー

16 : 励起光源

18 : 集光レンズ

20 : ダブルクラッド光ファイバ

22, 24 : ファイバ・グレーティング

26, 28 : 接続ファイバ

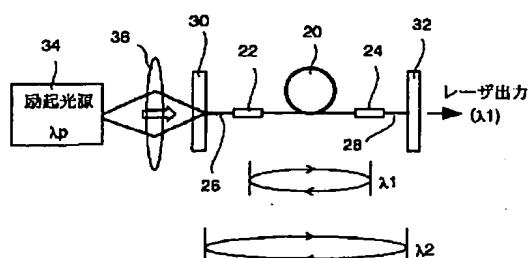
30, 32 : 多層膜ミラー

34 : 励起光源

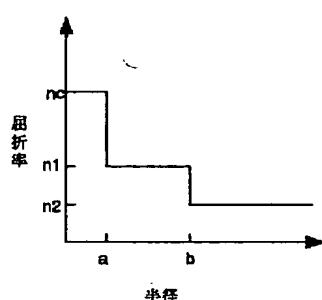
10 36 : 集光レンズ

\*

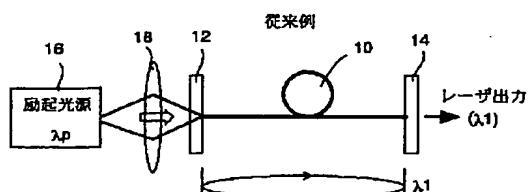
【図 1】



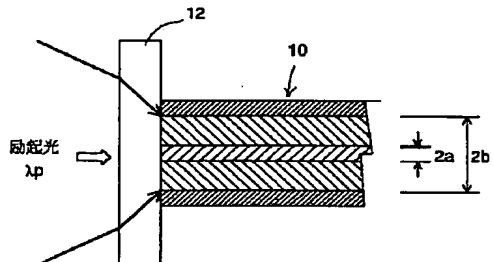
【図 2】



【図 3】



【図 4】



フロントページの続き

(72)発明者 谷 俊男

東京都新宿区西新宿2丁目3番2号国際電  
信電話株式会社内